



Universidade de Brasília – UnB
Faculdade UnB Gama – FGA
Engenharia de Software

Geometrix - Aplicação Android de Realidade Aumentada para auxílio ao ensino de Geometria Espacial

Autor: Geison de Souza Oliveira
Orientador: Prof^a. Dr^a. Carla Silva Rocha Aguiar

Brasília, DF
2018



Geison de Souza Oliveira

Geometrix - Aplicação Android de Realidade Aumentada para auxílio ao ensino de Geometria Espacial

Monografia submetida ao curso de graduação
em Engenharia de Software da Universidade
de Brasília, como requisito parcial para ob-
tenção do Título de Bacharel em Engenharia
de Software.

Universidade de Brasília – UnB

Faculdade UnB Gama – FGA

Orientador: Prof^a. Dr^a. Carla Silva Rocha Aguiar

Brasília, DF

2018

Geison de Souza Oliveira

Geometrix - Aplicação Android de Realidade Aumentada para auxílio ao ensino de Geometria Espacial/ Geison de Souza Oliveira. – Brasília, DF, 2018-
58 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Carla Silva Rocha Aguiar

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília – UnB
Faculdade UnB Gama – FGA , 2018.

1. Realidade Aumentada. 2. Geometria Espacial. I. Prof^ª. Dr^ª. Carla Silva Rocha Aguiar. II. Universidade de Brasília. III. Faculdade UnB Gama. IV. Geometrix - Aplicação Android de Realidade Aumentada para auxílio ao ensino de Geometria Espacial

CDU 02:141:005.6

Geison de Souza Oliveira

Geometrix - Aplicação Android de Realidade Aumentada para auxílio ao ensino de Geometria Espacial

Monografia submetida ao curso de graduação
em Engenharia de Software da Universidade
de Brasília, como requisito parcial para ob-
tenção do Título de Bacharel em Engenharia
de Software.

Trabalho aprovado. Brasília, DF, Julho de 2018:

Prof^a. Dr^a. Carla Silva Rocha Aguiar
Orientador

Titulação e Nome do Professor
Convidado 01
Convidado 1

Titulação e Nome do Professor
Convidado 02
Convidado 2

Brasília, DF
2018

Agradecimentos

Á minha mãe, heroína que sempre me deu amor e apoio incondicional.

Á minha família e amigos pelo amor, compreensão e apoio para continuar esse trabalho.

Á Prof^a. Dr^a. Carlia Silva Rocha Aguiar pela oportunidade e apoio na elaboração deste trabalho.

E aos professores que se dedicam a nos transmitir uma das maiores virtudes que se pode ter, o conhecimento.

*“A Geometria existe por toda a parte.
É preciso, porém, olhos para vê-la,
inteligência para compreendê-la
e alma para admirá-la.
(Johannes Kepler)”*

Resumo

Nos últimos anos, o uso de tecnologia tem sido cada vez mais presente nas escolas. A utilização desses equipamentos eletrônicos em sala de aula tem facilitado o aprendizado dos alunos e ajudado os professores a transmitir conhecimento de maneira mais eficiente. Uma das tecnologias mais promissoras no contexto educativo é a Realidade Aumentada, a sua característica de inserir objetos virtuais em um ambiente real favorece a visualização de fenômenos que seriam trabalhosos de reproduzir em ambiente real, desse modo, possibilita criar formas de interação mais interessantes para a educação. Considerando as dificuldades dos alunos em aprender geometria espacial, e os benefícios que a Realidade Aumentada pode proporcionar, este trabalho visa desenvolver o Geometrix, um aplicativo de Realidade Aumentada, usando a biblioteca ARToolKit, para dispositivos móveis Android, que tem como objetivo auxiliar no aprendizado da geometria espacial, em específico na visualização de figuras geométricas tridimensionais, como os poliedros regulares, prismas, pirâmides e sólidos de revolução.

Palavras-chaves: Android. Aplicativo. Realidade Aumentada. Geometria Espacial.

Abstract

In recent years, the use of technology has been more present in schools. The use of these technologies in the classroom has facilitated student learning and helped teachers to transmit knowledge more efficiently. One of the most promising technologies in the educational context is Augmented Reality, its characteristic of inserting virtual objects in a real environment allows the visualization of phenomena, which would be difficult to reproduce in real environment, thus allowing to create more interesting forms of interaction for education. Considering students' difficulties in learning spatial geometry, and the benefits that Augmented Reality can provide, this work aims to develop Geometrix, an Augmented Reality application, using the ARToolKit library for Android mobile devices, which aims to help learning of spatial geometry, specifically in the visualization of three-dimensional geometric figures, such as regular polyhedra, prisms, pyramids and solids of revolution.

Key-words: Augmented Reality. Application. Android. Spatial Geometry

Lista de ilustrações

Figura 1 – Sketchpad	25
Figura 2 – The Ultimate Display	26
Figura 3 – Sistema de Realidade Virtual	27
Figura 4 – <i>Reality-Virtuality Continuum</i> - Adaptado de	27
Figura 5 – Aplicativo de Realidade Aumentada da Google	28
Figura 6 – Diagrama adaptado do sistema de visão ótica direta	29
Figura 7 – Diagrama adaptado do sistema de visão direta por vídeo	29
Figura 8 – Diagrama adaptado do sistema de visão por vídeo baseada em monitor	30
Figura 9 – Sistema de visão ótica por projeção	30
Figura 10 – Funcionamento de uma aplicação de Realidade Aumentada	32
Figura 11 – Aplicativo para dispositivo móvel de Realidade Aumentada	32
Figura 12 – Tetraedro	33
Figura 13 – Hexaedro	33
Figura 14 – Octaedro	34
Figura 15 – Dodecaedro	34
Figura 16 – Icosaedro	34
Figura 17 – Cilindro	35
Figura 18 – Cone	35
Figura 19 – Esfera	35
Figura 20 – Pirâmide quadrangular	36
Figura 21 – Pirâmide pentagonal	36
Figura 22 – Pirâmide hexagonal	36
Figura 23 – Prisma de base triangular	37
Figura 24 – Prisma de base quadrada	37
Figura 25 – Prisma de base pentagonal	37
Figura 26 – Kanban utilizado no desenvolvimento do projeto	40
Figura 27 – Cronograma	41
Figura 28 – Marcador	42
Figura 29 – Rastreamento do marcador	43
Figura 30 – Funcionamento de uma aplicação de RA com ARToolKit	43
Figura 31 – Módulos da aplicação	45
Figura 32 – Arquitetura MVP	46
Figura 33 – Pacote Model e suas classes	47
Figura 34 – Pacote Presenter e suas classes	47
Figura 35 – Pacote View e suas classes	48
Figura 36 – Pacote MVP e suas interfaces	48

Figura 37 – Diagram de classes	49
Figura 38 – Ícone do aplicativo	51
Figura 39 – Tela de inicialização do aplicativo	51
Figura 40 – Tela principal	52
Figura 41 – Tela de ajuda	52
Figura 42 – Tela com informações sobre o aplicativo	53
Figura 43 – Figuras geométricas	53
Figura 44 – Tela de interação com a Realidade Aumentada	54
Figura 45 – Faces, arestas e vértices da figura geométrica	54
Figura 46 – Faces, arestas e vértices da figura geométrica	54

Lista de tabelas

Lista de abreviaturas e siglas

RV	Realidade Virtual
HMD	Head Mounted Display
RA	Realidade Aumentada
2D	2 dimensões
3D	3 dimensões
IDE	Ambiente de Desenvolvimento Integrado

Sumário

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	Contexto	21
1.2	Problema	21
1.3	Solução proposta	22
1.4	Objetivos	23
1.4.1	Objetivo geral	23
1.4.2	Objetivos específicos	23
1.5	Organização do trabalho	23
2	REFERENCIAL TEÓRICO	25
2.1	Realidade Virtual	25
2.1.1	Definição	25
2.1.2	Características	25
2.1.2.1	Imersão	26
2.1.2.2	Interação	26
2.1.2.3	Envolvimento	26
2.1.3	Sistema de Realidade Virtual	26
2.1.4	Realidade Misturada	27
2.2	Realidade Aumentada	28
2.2.1	Definição	28
2.2.2	Características	28
2.2.3	Tipos de Sistemas de Realidade Aumentada	28
2.2.3.1	Sistema de Visão Ótica Direta	29
2.2.3.2	Sistema de visão direta por vídeo	29
2.2.3.3	Sistema de visão por vídeo baseada em monitor	30
2.2.3.4	Sistema de visão ótica por projeção	30
2.2.4	Técnicas de Interação com Realidade Aumentada	30
2.2.4.1	Interação espacial	31
2.2.4.2	Interação baseada em comandos	31
2.2.4.3	Interação por controle virtual	31
2.2.4.4	Interação por controle físico	31
2.2.5	Sistema de Realidade Aumentada	31
2.2.6	Realidade Aumentada em dispositivos móveis	32
2.3	Geometria Espacial	33
2.3.1	Definição	33

2.3.2	Figuras Geométricas Espaciais	33
2.3.2.1	Poliedros regulares	33
2.3.2.2	Sólidos de revolução	34
2.3.2.3	Pirâmides	35
2.3.2.4	Prismas	37
3	DESENVOLVIMENTO	39
3.1	Requisitos	39
3.1.1	Funcionais	39
3.1.2	Não – Funcionais	39
3.2	Metodologia de desenvolvimento	40
3.3	Histórias de usuários	40
3.4	Cronograma	41
3.5	Ferramentas e tecnologias	41
3.5.1	Sistema Operacional Android	41
3.5.2	Android Studio	42
3.5.3	ARToolKit	42
3.5.4	jPCT - AE 3D Engine	44
3.5.5	Blender	44
3.5.6	Git	44
3.5.7	GitLab	44
3.5.8	Bibliotecas para Android	44
3.6	Implementação	45
3.6.1	Módulos	45
3.6.2	Arquitetura MVP	46
3.6.3	Diagrama de classes	48
4	RESULTADOS	51
4.1	Geometrix	51
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
5.1	Trabalhos Futuros	55
	REFERÊNCIAS	57

1 Introdução

Este capítulo apresenta a contextualização deste trabalho, o tema estudado, o problema identificado, a solução proposta e a organização do trabalho.

1.1 Contexto

O uso da tecnologia é cada vez mais frequente na educação, desde o uso do quadro negro, passando pelo uso televisores até o uso de projetores de transparência, sempre com o propósito de aprimorar o processo de transferência de conhecimento dentro das salas de aula. Cada vez mais tecnologias inovadoras vêm se apoderando dos meios de apresentação de informação nas escolas, tornando as aulas mais interessantes, dinâmicas e interativas.

Uma tecnologia em ascensão nos dias atuais é a Realidade Aumentada (RA) devido ao seu modo de interação dinâmico e envolvente. A RA é uma ferramenta tecnológica que proporciona experiências que mesclam o mundo real com o mundo virtual e que vem sendo utilizada na indústria, comércio, arquitetura, medicina e engenharia para diversos fins. Na educação ela tem um grande potencial, pois aumenta o envolvimento dos estudantes e criam oportunidades para eles interagirem com os conteúdos de forma mais engajada, pois oferece uma nova forma de representação do conteúdo. O educador, ao expor a matéria, pode valer-se da RA para ilustrar um conceito que exige visualização em três dimensões, na qual seria muito trabalhoso fazê-lo de forma tradicional. Com o conteúdo exposto de forma tridimensional, uma série de benefícios é gerada para o estudante, por exemplo, maior facilidade de memorização, envolvimento dos estudantes às aulas de forma criativa, e aprendizado de forma mais interativa e dinâmica.

1.2 Problema

O conhecimento de geometria espacial é muito importante no dia a dia, pois é com essa habilidade que se resolve problemas que envolvem distâncias, áreas e volumes no mundo real. Porém para adquirir essa capacidade depende-se fortemente da compreensão e reconhecimento de figuras tridimensionais.

Para que o estudante possa entender conceitos de figuras tridimensionais é imprescindível que ele desenvolva uma habilidade conhecida como visualização espacial. [Zimmermann e Cunningham \(1991\)](#) definem visualização espacial como sendo “o processo de formação de imagens (mentais, ou com lápis e papel, ou com o auxílio de tecnologias), e o uso dessas imagens de forma eficaz para a descoberta e compreensão da matemática.

”. Ou seja, a visualização espacial está relacionada diretamente com a compreensão de formas e figuras geométricas, suas propriedades e relações, bem como a orientação espacial (NES; LANGE, 2007). No entanto, estudantes têm dificuldades em desenvolver essa habilidade em sala de aula, já que as figuras geométricas espaciais são representadas de forma bidimensional, sejam nas páginas dos livros ou em quadros negros nas salas de aula. Dreyfus (2002) lista as dificuldades enfrentadas pelos estudantes da seguinte forma:

- Incapacidade de ver figuras geométricas de diferentes maneiras;
- Dificuldades em reconhecer as transformações implicadas nas figuras geométricas;
- Falha na distinção entre uma figura geométrica e o desenho que representa essa figura;
- Falha em unir as suas visualizações ao pensamento analítico;

Essas dificuldades fazem com que muitos estudantes não compreendam por completo os conceitos, propriedades e demonstrações geométricas. Assim é possível que aulas tradicionais, expositivas e dialogadas tendo como recursos, lousa, giz e livro didático não sejam suficientes para que esses alunos possam compreender os conceitos geométricos necessários.

Segundo Flores, Wagner e Buratto (2012), adicionar visualização no contexto da educação matemática, além de promover a intuição e o entendimento, possibilita uma maior abrangência da cobertura em assuntos matemáticos, permitindo que os estudantes não somente aprendam matemática, mas também se tornem capazes de construir sua própria matemática.

1.3 Solução proposta

A visualização espacial é uma habilidade crucial para entender e resolver problemas do mundo real. Normalmente, esta habilidade é passada as estudantes a partir de desenhos de professores ou descrições orais. No entanto, a capacidade espacial não é um traço estático, mas sim um processo dinâmico que pode ser possibilitado através da interação de objetos reais e virtuais. Essa capacidade poderia ser enriquecida com o desenvolvimento de novas tecnologias, como a RA (QUINTERO et al., 2015).

Considerando, portanto, o problema exposto anteriormente, a importância da visualização espacial para o ensino de geometria e o potencial da tecnologia de RA na educação, este trabalho propõe a criação do Geometrix, um aplicativo de RA para dispositivos móveis Android para auxiliar o estudante a visualizar e reconhecer as propriedades das figuras geométricas espaciais, tais como os poliedros regulares, prismas, pirâmides e sólidos de revolução.

1.4 Objetivos

Os objetivos deste trabalho, tanto de forma geral quanto mais específicos, são listados a seguir.

1.4.1 Objetivo geral

Desenvolver um aplicativo de Realidade Aumentada para dispositivos móveis Android para auxiliar no aprendizado de geometria espacial. Este aplicativo tem como objetivo facilitar a visualização de figuras geométricas tridimensionais.

1.4.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

1. Identificar dificuldades no aprendizado de geometria espacial.
2. Identificar as ferramentas e tecnologias necessárias para o desenvolvimento da aplicação de realidade aumentada para Android.
3. Desenvolver um aplicativo de Realidade Aumentada para dispositivo móveis Android.
4. Utilizar práticas ágeis para o desenvolvimento do software.

1.5 Organização do trabalho

- Introdução: Este capítulo visa o problema que gerou este trabalho e seus objetivos.
- Referencial Teórico: Este capítulo explana sobre os conceitos importantes de realidade virtual, realidade aumentada e geometria espacial para desenvolvimento da solução
- Desenvolvimento: Este capítulo expõe o desenvolvimento da solução para o problema identificado, bem como as ferramentas e métodos adotados para o seu desenvolvimento.
- Resultados: Este capítulo tem como propósito expor os resultados alcançados com o desenvolvimento deste trabalho.
- Considerações finais: Este capítulo é responsável pelas conclusões do desenvolvimento do trabalho.

2 Referencial Teórico

Neste capítulo, serão abordados os conceitos necessários para o bom entendimento e desenvolvimento deste trabalho, realidade virtual, realidade aumentada e geometria espacial.

2.1 Realidade Virtual

2.1.1 Definição

Interagimos com mundo externo através de nossos sentidos, visão, audição, tato, paladar e olfato, é com eles que percebemos a realidade a nossa volta. A Realidade Virtual (RV) surge então como uma tecnologia de interface altamente interativa capaz de simular o mundo real por meio de um sistema de computador, explorando dos nossos sentidos para prover experiências o mais próximo possível do natural. A RV teve seus primeiros passos em meados da década de 60 nos Estados Unidos, quando Ivan Sutherland desenvolveu uma aplicação denominada Sketchpad (Fig. 1) ([SUTHERLAND, 1964](#)), que permitia a manipulação de figuras tridimensionais no monitor de um computador, em tempo real.

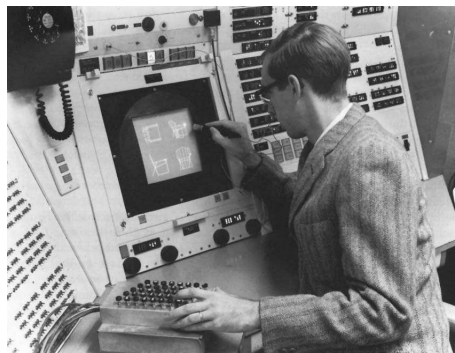


Figura 1 – Sketchpad

([HISTORY...](#),)

A Realidade Virtual é definida por [Pinho e Kirner \(1997\)](#) como “Uma interface avançada para aplicações computacionais, onde o usuário pode navegar e interagir, em tempo real, em um ambiente tridimensional gerado por computador, usando dispositivos multissensoriais.”.

2.1.2 Características

A realidade virtual também pode ser caracterizada pela junção de três aspectos: imersão, interação e envolvimento ([MORIE, 1994](#)).

2.1.2.1 Imersão

A RV pode ser imersiva ou não imersiva. A RV imersiva é baseada no uso de equipamentos que aumentam a interação sensorial do usuário, por exemplo, o “The Ultimate Display” (Fig. 2) , criado por Ivan Sutherland em 1965, o primeiro Head Mounted Display (HMD), uma tela montada na cabeça conectada a um computador que permitia ao usuário visualizar um ambiente virtual. A não imersiva baseia-se no uso de monitores, no qual o usuário manipula o ambiente virtual através de um dispositivo de entrada, por exemplo o teclado, mouse ou toque na tela.

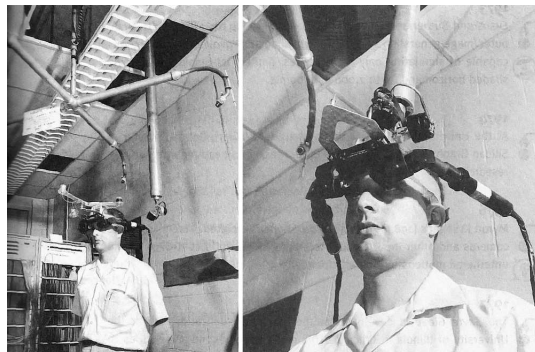


Figura 2 – The Ultimate Display
(VR...,)

2.1.2.2 Interação

A interação está ligada diretamente com a capacidade do computador detectar as entradas do usuário e reagir instantaneamente a esses estímulos e modificar o ambiente virtual. A interação pode ser feita através do uso de técnicas ou de equipamentos computacionais que ajudam na ampliação da sensação de presença do usuário no ambiente virtual, como luvas, capacetes e etc.

2.1.2.3 Envolvimento

Envolvimento pode ser definido na realidade virtual como sendo o nível de motivação do usuário em interagir com o ambiente virtual. O envolvimento desperta a imaginação levando o usuário a se comprometer com aquela realidade, levando-o a acreditar naquela experiência, convencendo-o que aquele ambiente é real.

2.1.3 Sistema de Realidade Virtual

O sistema de RV (Fig. 3) consiste de um usuário, uma interface homem-máquina, e um computador. O usuário participa de um mundo virtual gerado no computador, usando dispositivos sensoriais de percepção e controle. A interação do usuário com o processador de RV é intermediada pelos dispositivos de E/S. O processador de RV lê primeiramente

a entrada do usuário e acessa o banco de dados para calcular as instâncias do mundo que correspondem aos quadros a serem mostrados em sequência (PINHO; KIRNER, 1997).

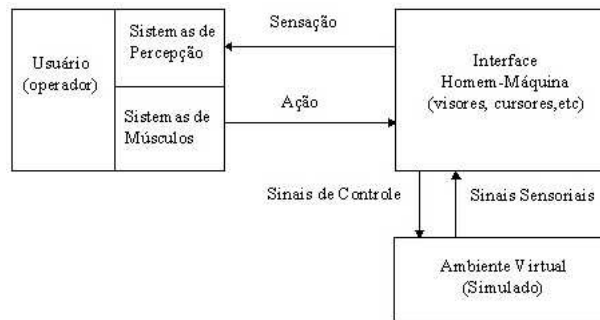


Figura 3 – Sistema de Realidade Virtual
(PINHO; KIRNER, 1997)

2.1.4 Realidade Misturada

Em um ambiente virtual o usuário está totalmente imerso em um mundo completamente simulado por computador, que pode ou não imitar as propriedades de um ambiente real. Em contraste, em um ambiente estritamente real, o usuário está claramente limitado pelas leis da física natural. Estes conceitos opostos, são de fato os extremos do *Reality-Virtuality Continuum*, conceito criado por Milgram e Kishino (1994) (Fig. 4).

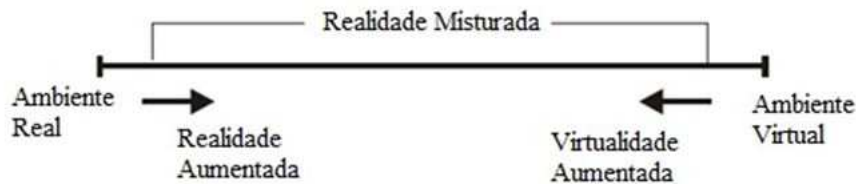


Figura 4 – *Reality-Virtuality Continuum* - Adaptado de
(MILGRAM; KISHINO, 1994)

O *Reality-Virtuality Continuum* abrange todas as possíveis variações e composições de objetos reais e virtuais, é uma escala contínua que varia entre o ambiente completamente virtual, o qual consiste unicamente de objetos virtuais simulados por computador, e o completamente real, que consiste apenas em objetos reais, ou seja, o mundo real. A área entre os dois extremos, onde tanto o real como o virtual são misturados, é chamado de realidade misturada (MILGRAM; KISHINO, 1994). A Realidade Misturada é definida como a sobreposição de objetos virtuais em três dimensões gerados por computador sobre o ambiente físico, visualizada pelo usuário, com o suporte de dispositivos tecnológicos, em tempo real (TORI; KIRNER; SISCOUITTO, 2006). A Realidade Misturada, é composto de Realidade Aumentada, onde o virtual aumenta o real, e a Virtual Aumentada, onde o real aumenta o virtual.

2.2 Realidade Aumentada

2.2.1 Definição

A Realidade Aumentada (RA) é uma variação da Realidade Misturada, que combina entidades do ambiente real e do ambiente virtual (Fig. 5), com predominância do real sobre o virtual. Kirner e Siscoutto (2007) define a Realidade Aumentada como sendo a inserção de objetos virtuais no ambiente físico, mostrada ao usuário, em tempo real, com o apoio de algum dispositivo tecnológico, usando a interface do ambiente real, adaptada para visualizar e manipular os objetos reais e virtuais, visando melhorar a interação com o usuário e aumentar a sensação de realismo, diminuindo a distância entre o real e o virtual.

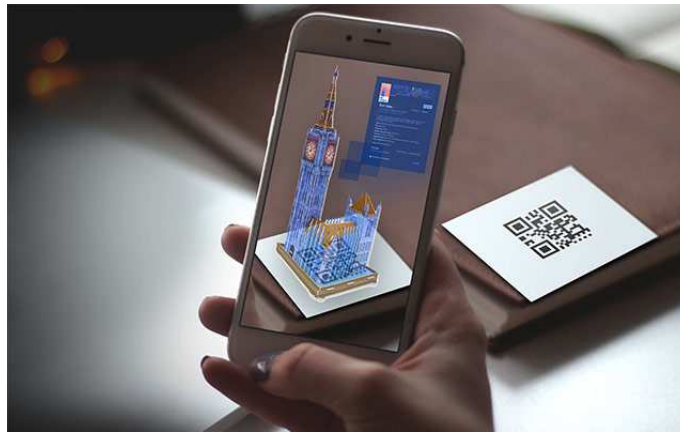


Figura 5 – Aplicativo de Realidade Aumentada da Google
(GOOGLE...,)

2.2.2 Características

Segundo Azuma (1997), um sistema de Realidade Aumentada deve possuir três características:

- Combinação de objetos reais e virtuais no ambiente real;
- Execução interativa em tempo real;
- Alinhamento de objetos reais e virtuais entre si.

2.2.3 Tipos de Sistemas de Realidade Aumentada

Os sistemas de Realidade Aumentada podem ser classificados conforme o tipo de display que é utilizado (AZUMA et al., 2001), envolvendo visão ótica ou visão por vídeo, dando origem a quatro tipo de sistemas (KIRNER; ZORZAL, 2005) (ZORZAL et al., 2008):

- Sistema de visão ótica direta (*Optical see-through HMD*);
- Sistema de visão direta por vídeo (*Video see-through HMD*);
- Sistema de visão por vídeo baseada em monitor (*Monitor-Based Augmented Reality*);
- Sistema de visão ótica por projeção (*Projector-based Augmented Reality*).

2.2.3.1 Sistema de Visão Ótica Direta

O sistema de Visão Ótica Direta (Fig. 6) utiliza óculos ou capacetes com lentes semi transparentes que permitem o recebimento direto da imagem real, ao mesmo tempo em que possibilitam a projeção de imagens virtuais devidamente ajustadas com a cena real.

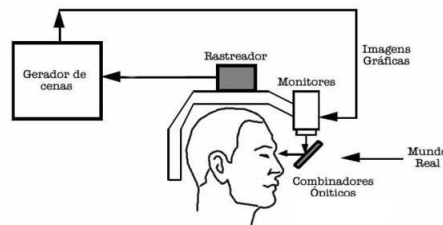


Figura 6 – Diagrama adaptado do sistema de visão ótica direta
(AZUMA, 1997)

2.2.3.2 Sistema de visão direta por vídeo

No sistema de visão direta por vídeo (Fig. 7), faz-se o uso de capacetes com micro-câmeras de vídeo acopladas ao mesmo. As câmeras cumprem o papel de olhos do usuário. A cena real, capturada pela microcâmera é misturada com os elementos virtuais gerados por computador e apresentadas diretamente nos olhos do usuário, através de pequenos monitores montados no capacete.

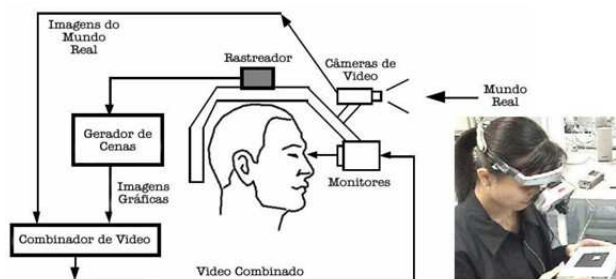


Figura 7 – Diagrama adaptado do sistema de visão direta por vídeo
(AZUMA, 1997)

2.2.3.3 Sistema de visão por vídeo baseada em monitor

O sistema de Visão por Vídeo Baseado em Monitor (Fig. 8), consiste no uso de uma webcam para capturar a cena real. Depois de capturada, a cena real é misturada com os objetos virtuais gerados por computador e apresentada ao usuário no monitor.

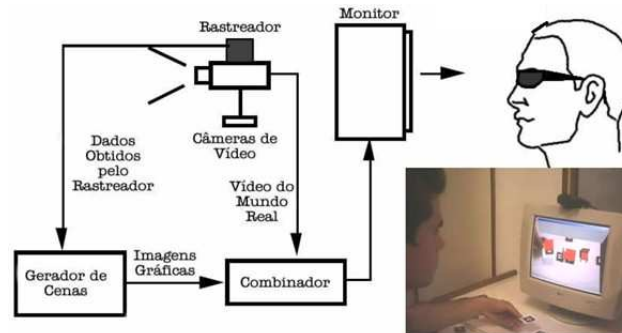


Figura 8 – Diagrama adaptado do sistema de visão por vídeo baseada em monitor
(AZUMA, 1997)

2.2.3.4 Sistema de visão ótica por projeção

No sistema de visão ótica por projeção (Fig. 9), utiliza-se a superfície do ambiente real, onde são projetadas imagens dos objetos virtuais, cujo conjunto é apresentado ao usuário que o visualiza sem a necessidade de nenhum equipamento auxiliar. Embora interessante, esse sistema é muito.

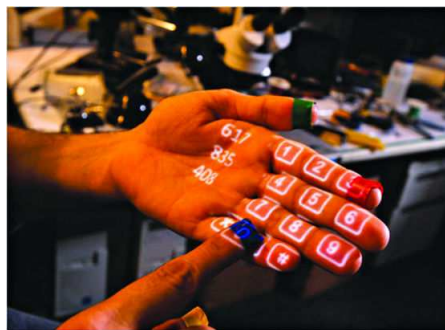


Figura 9 – Sistema de visão ótica por projeção

2.2.4 Técnicas de Interação com Realidade Aumentada

As técnicas de interação da RA tentam utilizar o mínimo de dispositivos para que o usuário tenha a sensação de estar no mundo real. No entanto não há um consenso na literatura de como estas técnicas devem ser adequadamente aplicadas. No entanto, Broll et al. (2005) propõe uma classificação para as técnicas de interação. São classificadas da seguinte forma:

- Interação espacial (*spatial interaction*)
- Interação baseada em comandos (*command-based interaction*)
- Interação por controle virtual (*virtual control interaction*)
- Interação por controle físico (*physical control interaction*)

2.2.4.1 Interação espacial

Na interação espacial normalmente realizada por meio de interfaces tangíveis, se baseia na manipulação de objetos do ambiente real alterando suas propriedades espaciais. Deste modo as configurações especiais do objeto físico do ambiente real fornecerão informações aos objetos virtuais do ambiente virtual.

2.2.4.2 Interação baseada em comandos

Na interação baseada em comando, as informações do ambiente real são obtidas a partir do rastreamento de gestos espontâneos, simbólicos ou por meio de comando de voz, que são interpretados para que alterem configurações dos objetos virtuais.

2.2.4.3 Interação por controle virtual

Interação por controle virtual baseia-se na manipulação de símbolos gráficos tridimensionais, representando uma função, aos quais permitem a interação entre o usuário e o computador.

2.2.4.4 Interação por controle físico

A interação por controle físico é realizada por meio de ferramentas físicas ou painéis de controle que permitem acessar não só o ambiente físico, como também os objetos virtuais.

2.2.5 Sistema de Realidade Aumentada

Um sistema de realidade aumentada possui dois componentes básicos: hardware e software. O hardware envolve os dispositivos de entrada, que define a interação do usuário com a aplicação, e os dispositivos de saída de dados, por exemplo, os displays, onde será mostrado o ambiente virtual mesclado ao real. O software é responsável por implementar objetos virtuais e integrá-los ao ambiente real (SANTIN; KIRNER, 2008a).

O funcionamento de um sistema de Realidade Aumentada com marcador consiste nas seguintes etapas (Fig. 10):

1. Captura: a primeira etapa é a captura de vídeo de entrada da câmera.

2. Detecção: a imagem convertida numa imagem binária para o marcador ser identificado
3. Reconhecimento: etapa na qual o símbolo dentro do marcador é comparado com os da base de dados.
4. Rastreamento: etapa na qual são calculadas as posições e orientações dos marcadores em relação a câmera para alinhar os objetos virtuais.
5. Renderização: nesta etapa os objetos virtuais são renderizados no quadro de vídeo.
6. Exibição: exibição do vídeo no display.

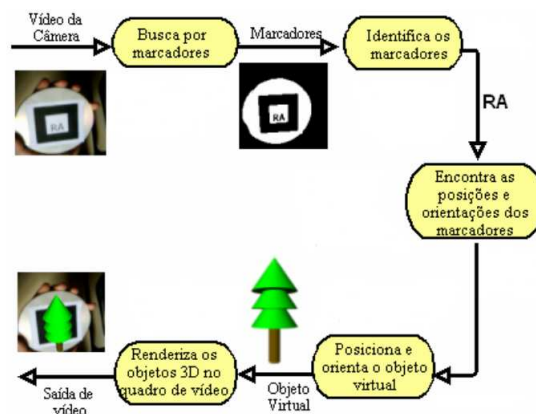


Figura 10 – Funcionamento de uma aplicação de Realidade Aumentada

2.2.6 Realidade Aumentada em dispositivos móveis

Segundo [Wagner e Schmalstieg \(2005\)](#) a técnica de utilizar a tecnologia de Realidade Aumentada em dispositivos móveis, surgiu devido ao aumento do poder de processamento, tamanho da tela, por um baixo custo. Em dispositivos móveis o sistema utilizado é o de visão por vídeo baseado em monitor, o qual utiliza a câmera para obter as imagens do mundo real, unindo a esta imagem os objetos virtuais e apresentando na tela do dispositivo móvel (Fig. 11).

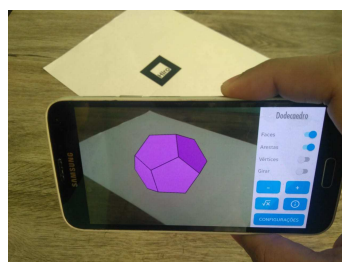


Figura 11 – Aplicativo para dispositivo móvel de Realidade Aumentada

2.3 Geometria Espacial

2.3.1 Definição

A geometria é a área da matemática que estuda as formas dos objetos, analisa suas dimensões e suas posições. A geometria espacial corresponde a área da geometria que se encarrega de estudar objetos no espaço, ou seja, aquelas que possuem três dimensões: comprimento, largura e altura.

2.3.2 Figuras Geométricas Espaciais

A Geometria Espacial estuda os objetos que possuem mais de uma dimensão e ocupam lugar no espaço. Por sua vez, esses objetos são conhecidos como “sólidos geométricos” ou “figuras geométricas espaciais”. Classificação das figuras geométricas:

2.3.2.1 Poliedros regulares

Um poliedro é chamado de regular se suas faces são polígonos regulares, cada um com o mesmo número de lados e, para todo vértice, converge um mesmo número de arestas. Existem apenas cinco poliedros regulares:

- Tetraedro

Um tetraedro (Fig. 12) é um poliedro regular que possui 4 faces triangulares, 4 vértices e 6 arestas.

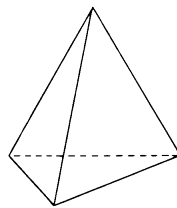


Figura 12 – Tetraedro

- Hexaedro

Um hexaedro (Fig. 13) é um poliedro regular que possui 6 faces quadrangulares, 8 vértices e 12 arestas.

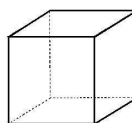


Figura 13 – Hexaedro

- Octaedro

Um octaedro (Fig. 14) é um poliedro regular que possui 8 faces triangulares, 6 vértices e 12 arestas.

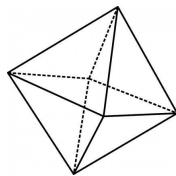


Figura 14 – Octaedro

- Dodecaedro

Um dodecaedro (Fig. 15) é um poliedro regular que possui 12 faces pentagonais, 20 vértices e 30 arestas.

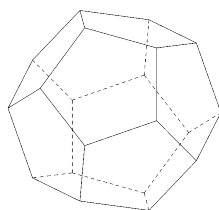


Figura 15 – Dodecaedro

- Icosaedro

Um icosaedro (Fig. 16) é um poliedro regular que possui 20 faces triangulares, 12 vértices e 30 arestas.

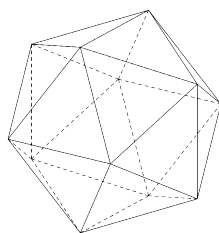


Figura 16 – Icosaedro

2.3.2.2 Sólidos de revolução

Sólido de revolução são figuras geométricas geradas pela rotação de uma figura plana (retângulo, triângulo, etc) em redor de um eixo situado no mesmo plano (horizontal, vertical ou inclinado).

- Cilindro

Um cilindro (Fig. 17) é o objeto tridimensional gerado pela superfície de revolução de um retângulo em torno de um de seus lados.

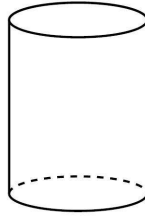


Figura 17 – Cilindro

- Cone

Um cone (Fig. 18) é o objeto tridimensional gerado pela superfície de revolução de um triângulo em torno de um de seus lados.

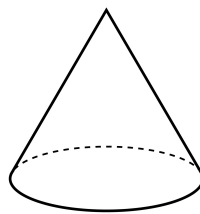


Figura 18 – Cone

- Esfera

A esfera (Fig. 19) é um sólido geométrico obtido através da rotação do semicírculo em torno de um eixo.

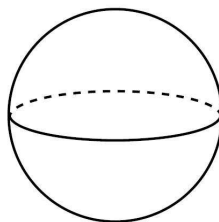


Figura 19 – Esfera

2.3.2.3 Pirâmides

As pirâmides são poliedros em que as faces laterais são todas triangulares e têm um vértice em comum.

- Pirâmide quadrangular

Sua base é um quadrado, composta de cinco faces: quatro faces laterais e a face da base.

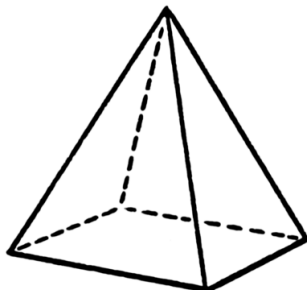


Figura 20 – Pirâmide quadrangular

- Pirâmide pentagonal

Sua base é um pentágono, composta de seis faces: cinco faces laterais e a face da base.

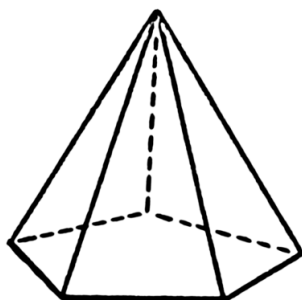


Figura 21 – Pirâmide pentagonal

- Pirâmide hexagonal

Sua base é um hexágono, composta de sete faces: seis faces laterais e face da base.

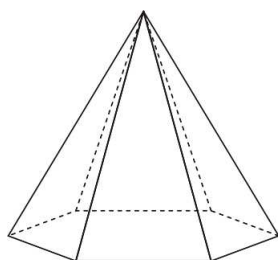


Figura 22 – Pirâmide hexagonal

2.3.2.4 Prismas

Prisma é um poliedro com duas faces congruentes e paralelas (bases) e cujas demais faces (faces laterais) são paralelogramos. Classificação dos prismas de acordo com sua base:

- Prisma triangular

A base inferior e superior são triângulos.

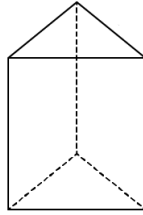


Figura 23 – Prisma de base triangular

- Prisma quadrangular

A base inferior e superior são quadriláteros.

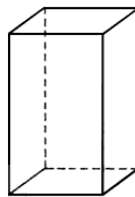


Figura 24 – Prisma de base quadrada

- Prisma pentagonal

A base inferior e superior são pentágonos.

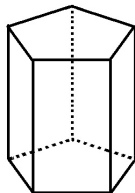


Figura 25 – Prisma de base pentagonal

3 Desenvolvimento

Este capítulo aborda o desenvolvimento do aplicativo Geometrix, desde a definição dos seus requisitos, histórias de usuários, arquitetura, e as ferramentas e tecnologias utilizadas para sua implementação.

3.1 Requisitos

Segundo o *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) ([IEEE... , 1990](#)), requisito é uma condição ou capacidade que um usuário necessita para resolver um problema ou alcançar um objetivo. No contexto de desenvolvimento de software, requisito é condição ou capacidade que deve ser cumprida por um sistema para satisfazer um contrato, uma exigência do usuário. Desta forma, foram definidos os requisitos, tanto funcionais como não-funcionais:

3.1.1 Funcionais

- O Aplicativo deve exibir as figuras geométricas espaciais (Poliedros regulares, prismas regulares, pirâmides regulares e sólidos de revolução) em Realidade Aumentada;
- O aplicativo deve exibir informações sobre as figuras geométricas como: número de faces, vértices, arestas, fórmula para calcular o volume e área externa;
- O aplicativo deve permitir o usuário interagir com as figuras geométricas espaciais pelo toque na tela do dispositivo móvel;
- O aplicativo deve permitir o download do marcador utilizado para visualizar as figuras geométricas em Realidade Aumentada.

3.1.2 Não – Funcionais

- Aplicativo deve estar disponível para Sistema operacional Android 5.0 (API 21) Lollipop ou superior;
- O aplicativo deve ter uma interface deve ser simples e fácil de usar;
- O marcador para download deve estar em formato PDF;
- O aplicativo deve enviar o marcador por e-mail.

3.2 Metodologia de desenvolvimento

A metodologia de desenvolvimento adotada seguirá algumas práticas ágeis proposta na metodologia Scrum¹, como o uso de histórias de usuários, sprints, backlog do produto e backlog de sprint. E também o Kanban, método ágil de desenvolvimento de software baseado nas práticas *Lean*. O Kanban tem como objetivo otimizar o processo de desenvolvimento de software. Seu foco é o trabalho em progresso, apresentando a evolução de forma visual, tornando os problemas evidentes e favorecendo uma cultura de melhoria contínua. Um dos principais mecanismos utilizados pelo método kanban é o quadro do Kanban, uma ferramenta usada para visualizar o trabalho e otimizar o fluxo do trabalho. Um quadro do Kanban (Fig. 26) utilizado no projeto consistia em um fluxo de trabalho de três etapas: "Backlog", "In Progress" e "Completed".

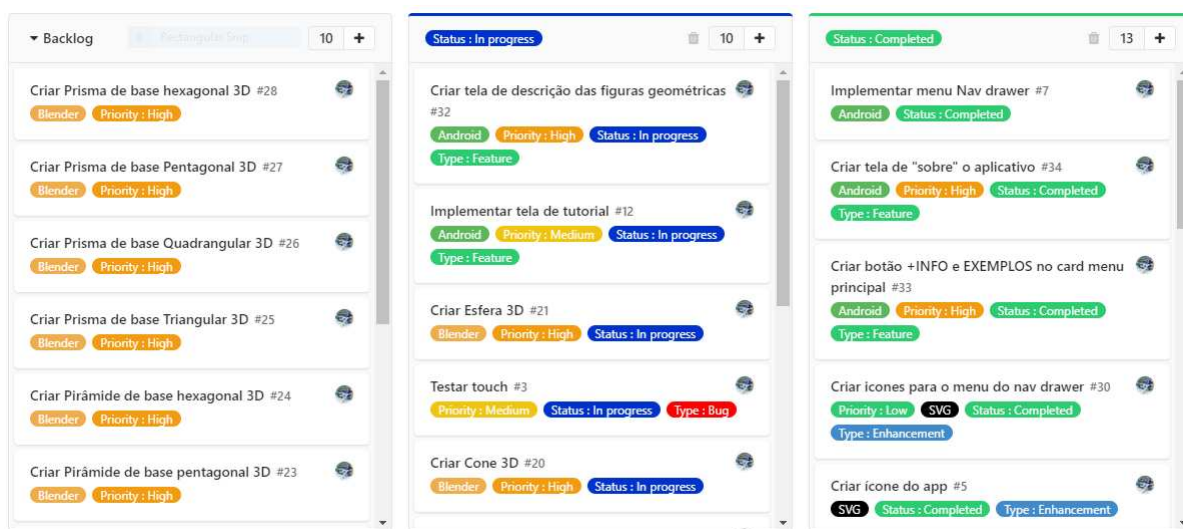


Figura 26 – Kanban utilizado no desenvolvimento do projeto

3.3 Histórias de usuários

Histórias de usuários (*User Stories*) são requisitos do sistema, necessidades do usuário, que foram descritas de forma clara utilizando uma linguagem simples e são usadas em metodologias ágeis de desenvolvimento de software como base para definir o escopo de um projeto de software. Com base nos requisitos, um conjunto de histórias foram definidas:

1. Eu, como usuário, quero visualizar uma lista com as 4 categorias de figuras geométricas (poliedros regulares, prismas, pirâmides e sólidos de revolução), para que eu possa selecionar uma categoria e visualizar as figuras geométricas disponíveis de cada uma.

¹ <<http://www.desenvolvimentoagil.com.br/scrum/>>

2. Eu, como usuário, quero visualizar informações das figuras geométricas espaciais como número de faces, arestas e vértices para que eu possa aprender sobre cada figura geométrica espacial.
3. Eu, como usuário, quero visualizar as formulas de volume e da área externa das figuras geométricas para que eu possa aprender sobre cada figura geométrica espacial.
4. Eu, como usuário, quero manipular as figuras geométricas espaciais em Realidade Aumentada, para que eu possa visualizá-las de vários ângulos e tamanhos.
5. Eu, como usuário, quero visualizar uma figura geométrica em Realidade Aumentada para que eu possa vê-la em três dimensões.
6. Eu, como usuário, quero poder escolher entre visualizar somente as faces, vértices ou arestas de uma figura geométrica espacial em Realidade Aumentada, para que eu possa identifica-los na figura geométrica.
7. Eu, como usuário, quero fazer download do marcador em formato PDF para que possa imprimi-lo.

3.4 Cronograma

Com base nos requisitos levantados, as *Sprints* de desenvolvimento foram planejadas. Na Figura 27 é apresentado o cronograma referentes as *Sprints* que foram realizadas durante o desenvolvimento da solução (Período entre agosto de 2017 e julho de 2018). As Sprints tiveram duração de 10 dias.

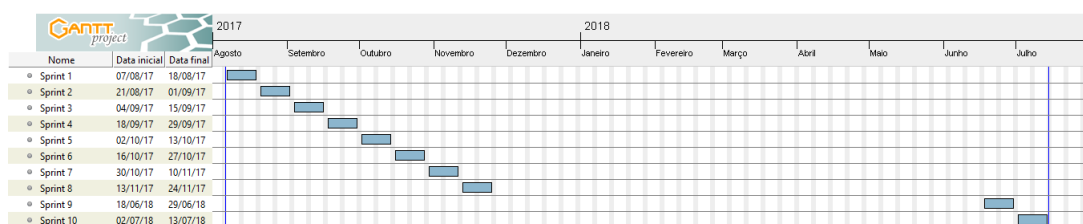


Figura 27 – Cronograma

3.5 Ferramentas e tecnologias

3.5.1 Sistema Operacional Android

Android² é um sistema operacional baseado no núcleo Linux e atualmente desenvolvido pela empresa de tecnologia Google. Com uma interface de usuário baseada na

² <https://www.android.com/intl/pt-BR_br/>

manipulação direta, o Android é projetado principalmente para dispositivos móveis com tela sensível ao toque como smartphones e tablets. O sistema operacional utiliza-se da tela sensível ao toque para que o usuário possa manipular objetos virtuais e também de um teclado virtual.

3.5.2 Android Studio

O Android Studio³ é o ambiente de desenvolvimento (IDE) oficial do Android. Criado especificamente para o Android, ele acelera o desenvolvimento e ajuda a criar aplicativos da mais alta qualidade para todos os dispositivos Android. Ele oferece ferramentas personalizadas para desenvolvedores do Android, incluindo ferramentas avançadas para edição, depuração, testes e geração de perfis de código.

3.5.3 ARToolKit

O ARToolKit⁴ é uma biblioteca multiplataforma desenvolvida em linguagem C e C++, que permite aos programadores desenvolver com facilidade aplicativos de Realidade Aumentada. A biblioteca utiliza recursos de visão computacional e processamento de imagens para prover os recursos de RA. É distribuída livremente para fins não comerciais sob a licença GNU, disponível para várias plataformas e possui excelente documentação.

- Marcador

O ARToolKit utiliza marcadores (Fig. 28) como referência para a inserção de objetos virtuais no ambiente real. Os marcadores reconhecidos pelo ARToolKit consistem em figuras geométricas quadradas, que contém, no seu interior, símbolos para identificá-los e distingui-los. O marcador é reconhecido pelo programa através de um bitmap (mapa de bits) que deve estar previamente carregado no aplicativo.



Figura 28 – Marcador

- Funcionamento

O ARToolKit funciona da seguinte maneira (Fig. 30), primeiro, a imagem de vídeo é transformada em uma imagem binária (preto e branco). ARToolKit localiza

³ <<https://developer.android.com/studio/index.html?hl=pt-br>>

⁴ <<https://archive.artoolkit.org/>>

todos os quadrados na imagem binária, muitos dos quais não são os marcadores de rastreamento (Fig. 29). Cada quadrado é capturado e comparado com modelos pré-gravados. Se houver um correspondente, então ele usa o tamanho do quadrado reconhecido e a orientação para calcular a posição da câmera de vídeo em relação ao marcador físico. Uma matriz 3x4 é preenchida com as coordenadas da câmera de vídeo em relação ao marcador. Essa matriz é então usada para definir a posição das coordenadas da câmera virtual. Como as coordenadas da câmera virtual e real são as mesmas, os objetos virtuais são renderizados e colocados com precisão sob o marcador. A renderização normalmente é realizada pela biblioteca gráfica OpenGL, mas outras bibliotecas também podem ser utilizadas para a renderização de objetos virtuais, e construção de ambientes mais complexos.

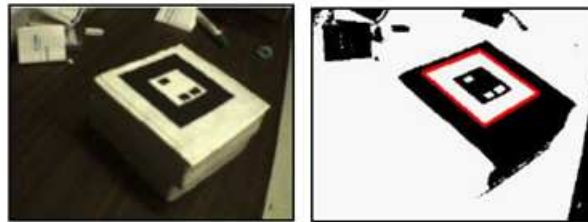


Figura 29 – Rastreamento do marcador

(ARTOOLKIT...,)

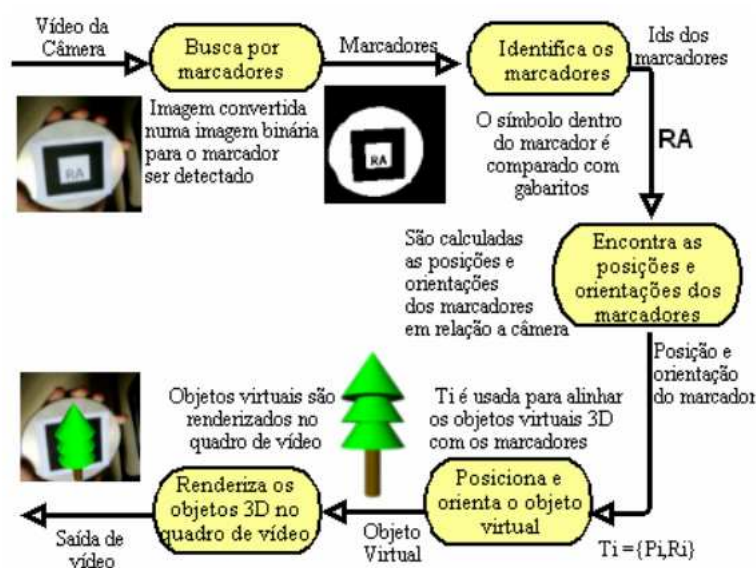


Figura 30 – Funcionamento de uma aplicação de RA com ARToolKit

(SANTIN; KIRNER, 2008b)

3.5.4 jPCT - AE 3D Engine

O jPCT⁵ é uma engine 3D gratuita, rápida e fácil de aprender, desenvolvida para Java e otimizada para a plataforma móvel Android. O jPCT suporta o Android 1.5 e superior e pode ser usado com o OpenGL ES 1.x, bem como com o OpenGL ES 2.0. Ele oferece suporte a shader para ES 2. A biblioteca jPCT- AE foi utilizada para carregar e renderizar as figuras geométricas no formato .obj, exportados do Blender.

3.5.5 Blender

O Blender⁶ é um software gratuito e de código aberto, disponível sob licença GNU General Public License (GPL), desenvolvido pela Blender Foundation, para modelagem 3D, manipulação, animação, simulação, renderização, composição e rastreamento de movimento, até mesmo edição de vídeo e criação de jogos. O Blender é multiplataforma estando portanto disponível para diversos sistemas operacionais. A versão do Blender utilizada neste trabalho foi a 2.79b. O Blender foi utilizado para a modelagem das figuras geométricas espaciais, as quais foram exportadas no formato .obj.

3.5.6 Git

Git⁷ é um sistema de controle de versão distribuído e um sistema de gerenciamento de código fonte, com ênfase em velocidade. O Git foi inicialmente projetado e desenvolvido por Linus Torvalds para o desenvolvimento do kernel Linux, mas foi adotado por muitos outros projetos. O Git é um software livre, distribuído sob licença GNU General Public License (GPL). A versão do Git foi utilizada nesse trabalho foi a 2.18.0 para Linux.

3.5.7 GitLab

GitLab⁸ é um gerenciador de repositório Git para Web, ele também dispõe de uma Wiki e rastreamento de Issues. GitLab é um produto da empresa GitLab B.V, distribuído sob licença MIT. O GitLab foi utilizado para hospedar o código fonte do aplicativo e do Kanban para controle do fluxo de trabalho.

3.5.8 Bibliotecas para Android

O uso de bibliotecas acelera o processo de desenvolvimento de um software, pois evita que o desenvolvedor tenha que escrever funcionalidades muito comuns que já foram implementadas por outra pessoa. Em desenvolvimento de aplicativo para sistemas Android

⁵ <<http://www.jpct.net/jpct-ae/>>

⁶ <<https://www.blender.org/>>

⁷ <<https://git-scm.com/>>

⁸ <<https://gitlab.com/>>

isso não é diferente. Existem inúmeras bibliotecas para Android criadas para facilitar a vida do desenvolvedor. Abaixo estão listadas bibliotecas utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho.

- GmailBackground

GmailBackground⁹ é uma biblioteca criada para enviar para e-mail em segundo plano sem interação do usuário de forma simples. Disponível sob licença Apache License 2.0.

- MathView

MathView¹⁰ é uma biblioteca criada para exibir a fórmula matemática em aplicativos Android mais fácil. A biblioteca dispõe de dois mecanismos de renderização: MathJax¹¹ e KaTeX¹². Suporte Android versão 4.1 (Jelly Bean) e mais recente.

3.6 Implementação

3.6.1 Módulos

Módulo é uma coleção de arquivos e configurações de compilação que permitem dividir o projeto em unidades distintas de funcionalidade. Um módulo pode usar outro módulo como dependência. Quando se cria um novo projeto no Android Studio, a estrutura necessária para todos os arquivos é gerada automaticamente. O módulo *app* é gerado automaticamente, neste módulo contém o código-fonte, os arquivos de recursos e configurações do aplicativo, como o arquivo de compilação do módulo e o arquivo de manifesto do Android. Foram necessários a criação de mais outros 2 módulos como dependências, o *aRBaseLib* e *jpct_ae*. O módulo *aRBaseLib* contém a biblioteca ARToolKit 3.2.1 e o módulo *jpct_ae* contém a biblioteca jPCT-AE (Fig. 31).

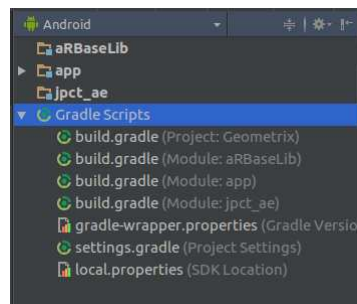


Figura 31 – Módulos da aplicação

⁹ <<https://github.com/yesidlazaro/GmailBackground>>

¹⁰ <<https://github.com/kexanie/MathView>>

¹¹ <<https://www.mathjax.org/>>

¹² <<https://github.com/Khan/KaTeX>>

3.6.2 Arquitetura MVP

Em desenvolvimento de aplicativos para Android não existe uma arquitetura padrão ser utilizada. Nesse ponto, a plataforma nos provê uma liberdade muito grande para desenvolver um app. Mas é muito importante a definição de um padrão de arquitetura para manter um código limpo, expansível e testável. A arquitetura utilizada para desenvolvimento do software foi a Model–View–Presenter (MVP) é uma derivação do padrão de software model-view-controller (MVC). Como qualquer boa arquitetura, o MVP nos ajuda a separar nosso código em camadas para termos um código melhor estruturado. A Model é a camada responsável pela modelagem e manipulação de dados do app. A View(Activity/Fragment) é a camada responsável por exibir os dados da model na UI e capturar as interações do usuário com o app. A Presenter irá trabalhar como um meio de campo entre a Model e a View. Ela será responsável por capturar as ações do usuário com a UI, pegar os dados da Model e devolver para a UI. Geralmente, é criado um contrato entre a View e a Presenter para deixar a responsabilidade de cada uma bem definida. O contrato nada mais é que uma interface contendo os métodos de UI (que alteram ou capturam atributos de uma view) e os métodos da Presenter, que estão diretamente relacionados com a realização funcionalidades em si.

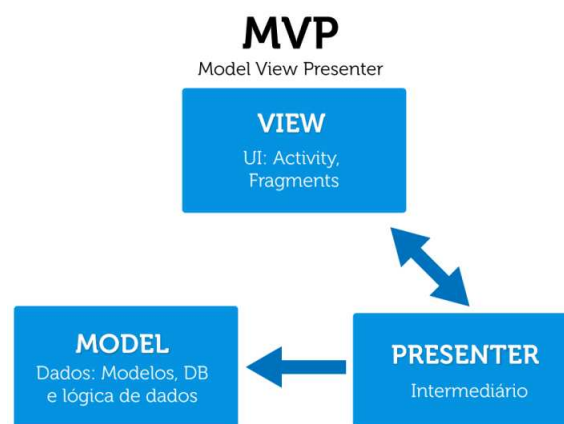


Figura 32 – Arquitetura MVP

- **Model**
Camada de dados, com suas classes de domínio e regras de negócio.
- **Presenter**
Camada de apresentação de dados, responsável pela comunicação da view com os comportamentos e dados do model.
- **View**
Camada de visualização, contendo todos os elementos de interface gráfica e toda a interação com o usuário final.

- MVP

Camada de contrato onde são definidas as interfaces que contém os métodos de comunicação entre as camadas.

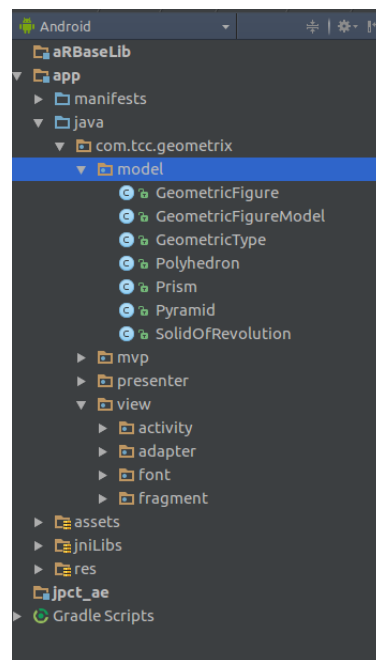


Figura 33 – Pacote Model e suas classes

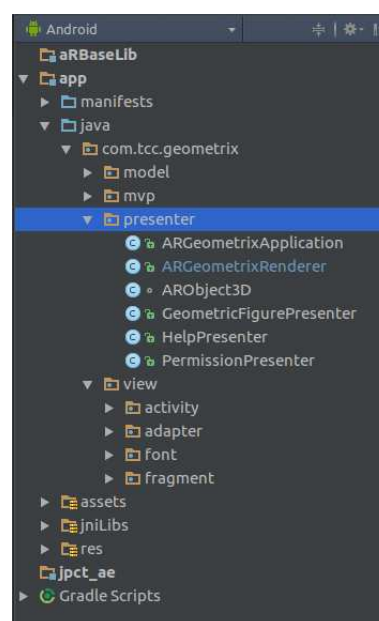


Figura 34 – Pacote Presenter e suas classes

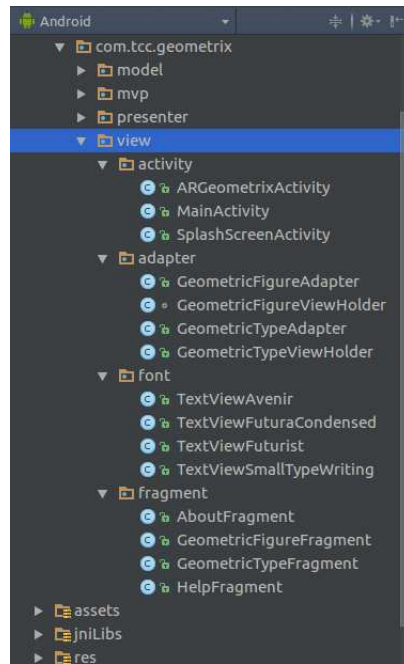


Figura 35 – Pacote View e suas classes

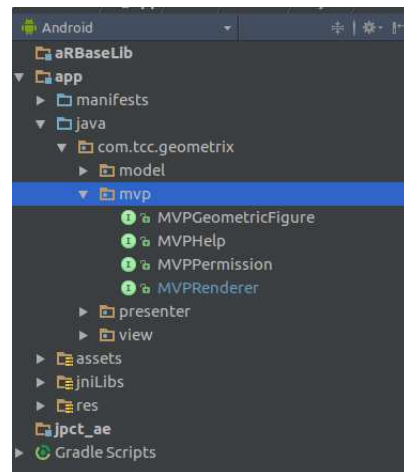


Figura 36 – Pacote MVP e suas interfaces

3.6.3 Diagrama de classes

O diagrama de classe mostra as principais classes da aplicação. As principais classes do ARToolKit utilizadas no projeto são três. *ARToolKit*, *ARRenderer* e *ARActivity*. Essas classes não devem ser usadas diretamente, são classes que devem ser herdadas e customizadas na aplicação.

A classe *ARGeometrixActivity* é responsável por implementar a parte visual da aplicação RA e manipular as interações do usuário com a aplicação, como manipular a câmera, toques na tela e exibir o fluxo de vídeo, essa classe é uma extensão da classe abstrata *ARActivity*.

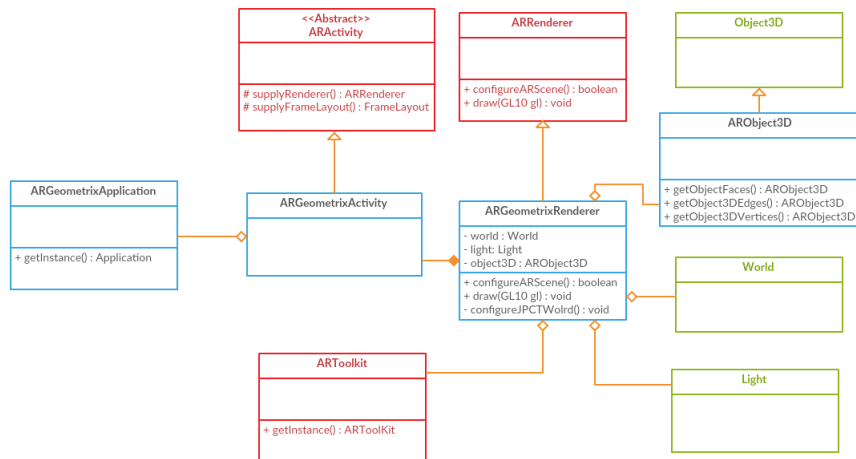


Figura 37 – Diagram de classes

A classe *ARGeometrixRenderer* é responsável pela renderização da Realidade Aumentada. Esta classe irá configurar todo o ambiente, ela é responsável por criar instâncias da classe *World*, *Light* da biblioteca jPCT-AE, que serão renderizados na tela, mas para detectar e renderizar objetos 3D apropriados, essa classe deve chamar uma instância da classe *ARToolKit* para registrar um marcador e uma instância de *ARObject3D* pertencente a esse marcador.

A classe *ARObject3D* é uma extensão de *Object3D*, uma classe da biblioteca jPCT-AE que fornece métodos para o carregamento e renderização de arquivos do tipo .obj, alinhamento do objeto à posição e ângulo do marcador.

A classe *ARGeometrixApplication* é a classe que estende *Application*, uma base em um aplicativo Android que contém todos os outros componentes, como atividades e serviços da aplicação. Ela fornece uma variável global para o controle da aplicação.

4 Resultados

Este capítulo tem como propósito tratar os resultados alcançados com a conclusão deste trabalho.

4.1 Geometrix

Todas as principais funcionalidades propostas no início no trabalho foram implementadas.

- Ícone

A figura 38 mostra o ícone criado para o aplicativo.

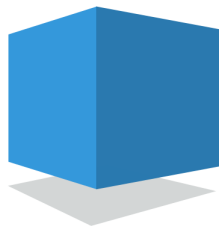


Figura 38 – Ícone do aplicativo

- *Spash Screen*

A figura 39 mostra a tela de inicialização do aplicativo.



Figura 39 – Tela de inicialização do aplicativo

- Tela principal

A tela principal do aplicativo é apresentada na Figura 40. Esta tela contém um menu na barra inferior onde é possível acessar as 3 principais telas, “Início”, “Ajuda” e “Sobre”. Na tela principal está listada as quatro categorias das figuras geométricas, para ver as figuras de cada tipo basta usuário clicar na imagem.



Figura 40 – Tela principal

- Ajuda

Na tela “Ajuda” (Fig. 41) tem um breve tutorial de como utilizar o aplicativo, e a opção para o usuário digitar o seu e-mail para poder receber o marcador que é necessário para o uso do aplicativo.

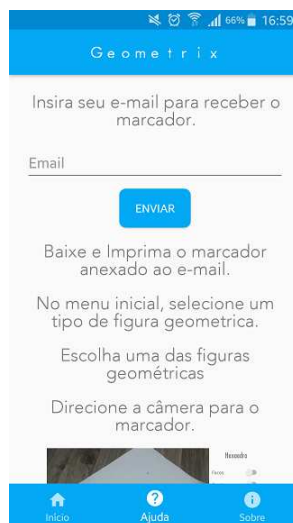


Figura 41 – Tela de ajuda

- Sobre

Na tela de “Sobre” (Fig. 42) contém informações sobre o aplicativo e e-mail para contato.



Figura 42 – Tela com informações sobre o aplicativo

- Figuras geométricas

A Figura 43 mostra as telas com as figuras geométricas disponíveis.

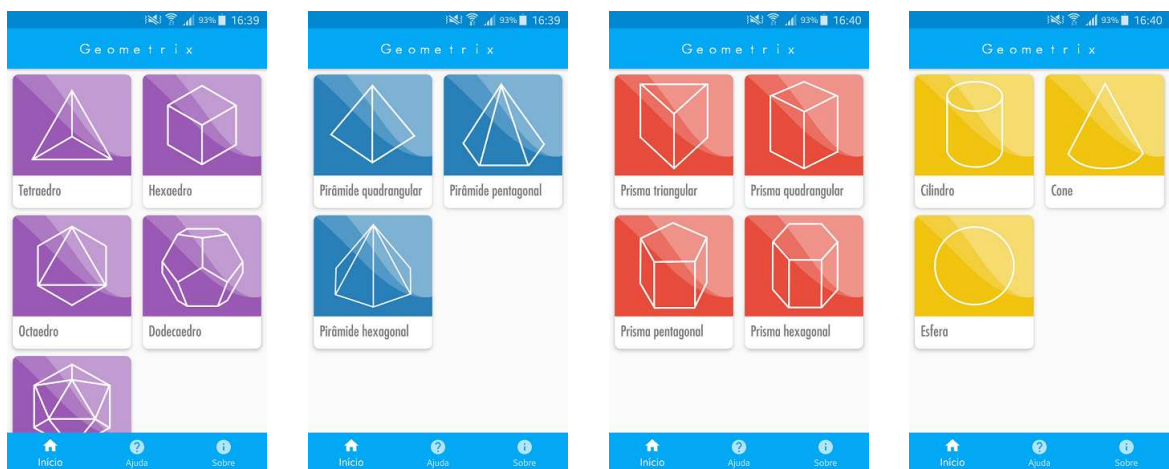


Figura 43 – Figuras geométricas

- Realidade Aumentada

A figura 44 mostra figura geométrica em Realidade Aumentada, no lado direito da tela podemos ver um menu, onde na parte superior contém o nome da figura geométrica selecionada. No botão “Faces” o usuário pode tornar visível ou esconder as faces da figura geométrica, no botão “Arestas” o usuário pode tornar visível ou esconder as arestas da figura geométrica, no botão “Vértices” o usuário pode tornar visível ou esconder os vértices da figura geométrica, no botão “Girar” o usuário pode habilitar ou desabilitar a função de girar a figura geométrica automaticamente, o

botão com o sinal de menos o usuário pode diminuir o tamanho da figura geométrica, o botão com o sinal de mais o usuário pode aumentar o tamanho da figura geométrica, no botão com um i de informação, o usuário pode acionar uma janela com a descrição da figura geométrica, o botão com a imagem de raiz quadrada de x, o usuário pode acionar uma janela onde mostrará as formulas para calcular o volume e a área externa da figura geométrica e o botão “Configurações” o usuário pode configurar qual câmera utilizar, a traseira ou a frontal e a resolução da câmera.

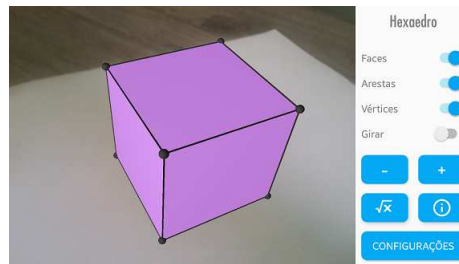


Figura 44 – Tela de interação com a Realidade Aumentada

- Faces, arestas e vértices

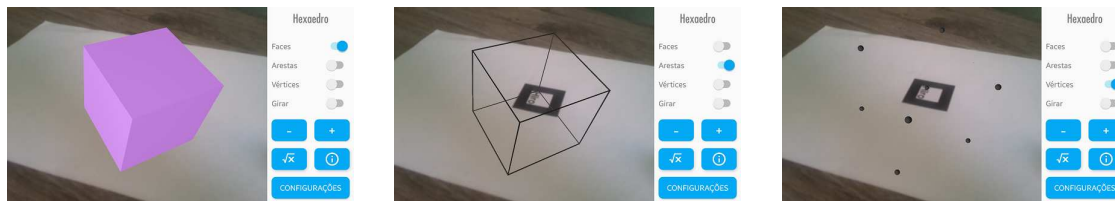


Figura 45 – Faces, arestas e vértices da figura geométrica

- Descrição e fórmulas

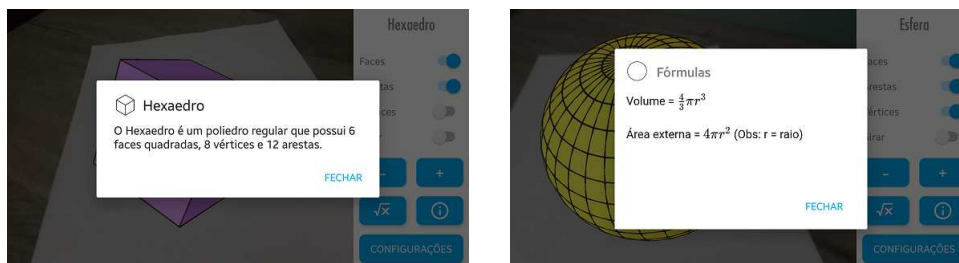


Figura 46 – Faces, arestas e vértices da figura geométrica

5 Considerações finais

Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento do Geometrix, um aplicativo de Realidade Aumentada para dispositivos móveis Android, que tem como intuito auxiliar no aprendizado de geometria espacial nas escolas. Durante o desenvolvimento do aplicativo Geometrix foi empregada práticas ágeis da metodologia de desenvolvimento Scrum e Kanban. Foi utilizado Android Studio como IDE e a linguagem de programação Java, juntamente com a biblioteca de Realidade Aumentada ARToolKit, e a biblioteca 3D jPCT-AE para renderização dos objetos virtuais. O software Blender foi utilizado para modelar as figuras geométricas, e para controle de versão e repositório do código fonte foram utilizados o Git e o GitLab respectivamente. Verificou-se que o propósito deste trabalho foi atingido de criar uma ferramenta gratuita de fácil acesso e de uso descomplicado tanto para alunos quanto para professores para facilitar a visualização de objetos tridimensionais mais complexos, tais como poliedros regulares, prismas regulares, pirâmides regulares e sólidos de revolução. Foi mostrado como a Realidade Aumentada pode contribuir para o processo de ensino-aprendizagem em sala de aula. A expectativa é que o aplicativo resultante deste trabalho possa ser utilizado em sala de aula, que sirva de ferramentas para potencializar o aprendizado.

5.1 Trabalhos Futuros

A seguir, serão apresentados os principais pontos que deverão ser evoluídos para a continuidade do aplicativo.

- Utilizar o aplicativo em ambiente sala de aula para ser avaliado por alunos e professores;
- Desenvolver o aplicativo para outras plataformas móveis como o iOS;
- Adicionar outras figuras geométricas espaciais;
- Adicionar animação nas figuras geométricas espaciais.

Referências

- ARTOOLKIT: Criando aplicativos de Realidade Aumentada. <<http://www.linhadecodigo.com.br/artigo/2488/artoolkit-criando-aplicativos-de-realidade-aumentada.aspx>>. (Accessed on 07/18/2018). Citado na página 43.
- AZUMA, R. et al. Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, v. 21, n. 6, p. 34–47, Nov 2001. ISSN 0272-1716. Citado na página 28.
- AZUMA, R. T. A survey of augmented reality. *Presence: Teleoper. Virtual Environ.*, MIT Press, Cambridge, MA, USA, v. 6, n. 4, p. 355–385, ago. 1997. ISSN 1054-7460. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>>. Citado 3 vezes nas páginas 28, 29 e 30.
- BROLL, W. et al. An infrastructure for realizing custom-tailored augmented reality user interfaces. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, IEEE Educational Activities Department, Piscataway, NJ, USA, v. 11, n. 6, p. 722–733, nov. 2005. ISSN 1077-2626. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1109/TVCG.2005.90>>. Citado na página 30.
- DREYFUS, T. Advanced mathematical thinking processes. In: *Advanced mathematical thinking*. [S.l.]: Springer, 2002. p. 25–41. Citado na página 22.
- FLORES, C. R.; WAGNER, D. R.; BURATTO, I. C. F. Pesquisa em visualização na educação matemática: conceitos, tendências e perspectivas. *Educação Matemática Pesquisa*, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo PUC-SP, Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática, v. 14, n. 1, 2012. Citado na página 22.
- GOOGLE targets MWC to exhibit their Augmented Reality advancements. <<https://www.techgenyz.com/2018/02/23/google-mwc-exhibit-augmented-reality/>>. (Accessed on 07/04/2018). Citado na página 28.
- HISTORY of Computers and Computing, Birth of the modern computer, Software history, Sketchpad of Ivan Sutherland. <<http://history-computer.com/ModernComputer/Software/Sketchpad.html>>. (Accessed on 07/04/2018). Citado na página 25.
- IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology. *IEEE Std 610.12-1990*, p. 1–84, Dec 1990. Citado na página 39.
- KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. Realidade virtual e aumentada: conceitos, projeto e aplicações. In: *Livro do IX Symposium on Virtual and Augmented Reality, Petrópolis (RJ)*, Porto Alegre: SBC. [S.l.: s.n.], 2007. Citado na página 28.
- KIRNER, C.; ZORZAL, E. R. Aplicações educacionais em ambientes colaborativos com realidade aumentada. In: *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*. [S.l.: s.n.], 2005. v. 1, n. 1, p. 114–124. Citado na página 28.

- MILGRAM, P.; KISHINO, F. A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, v. 77, n. 12, p. 1321–1329, 1994. Citado na página 27.
- MORIE, J. F. Inspiring the future: merging mass communication, art, entertainment and virtual environments. *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, ACM, v. 28, n. 2, p. 135–138, 1994. Citado na página 25.
- NES, F. V.; LANGE, J. D. Mathematics education and neurosciences: Relating spatial structures to the development of spatial sense and number sense. *The Mathematics Enthusiast*, v. 4, n. 2, p. 210–229, 2007. Citado na página 22.
- PINHO, M.; KIRNER, C. Uma introdução realidade virtual. mini-curso. In: *X Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens*. [S.l.: s.n.], 1997. v. 14. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 27.
- QUINTERO, E. et al. Augmented reality app for calculus: A proposal for the development of spatial visualization. *Procedia Computer Science*, v. 75, p. 301 – 305, 2015. ISSN1877-0509. 2015 International Conference Virtual and Augmented Reality in Education. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915037126>>. Citado na página 22.
- SANTIN, R.; KIRNER, C. Artoolkit: conceitos e ferramenta de autoria colaborativa. *Realidade Virtual e Aumentada: Uma Abordagem Tecnológica*, SBC, Porto Alegre, p. 178–276, 2008. Citado na página 31.
- SANTIN, R.; KIRNER, C. Artoolkit: Conceitos e ferramenta de autoria colaborativa. 01 2008. Citado na página 43.
- SUTHERLAND, I. E. Sketch pad a man-machine graphical communication system. In: *Proceedings of the SHARE Design Automation Workshop*. New York, NY, USA: ACM, 1964. (DAC '64), p. 6.329–6.346. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/800265.810742>>. Citado na página 25.
- TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. A. *Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada*. [S.l.]: Editora SBC, 2006. Citado na página 27.
- VR - Forensic VR. <<http://forensic-vr.com/VR>>. (Accessed on 07/04/2018). Citado na página 26.
- WAGNER, D.; SCHMALSTIEG, D. *First steps towards handheld augmented reality*. 2005. 127- 135 p. Citado na página 32.
- ZIMMERMANN, W.; CUNNINGHAM, S. Editor's introduction: What is mathematical visualization. *Visualization in teaching and learning mathematics*, Mathematical Association of America Washington, DC, p. 1–7, 1991. Citado na página 21.
- ZORZAL, E. R. et al. Aplicação de jogos educacionais com realidade aumentada. *RENOTE*, v. 6, n. 2, 2008. Citado na página 28.